

## Pengaruh Kombinasi Jumlah Piston dan Turbin Terhadap Performa Pembangkit Listrik Tenaga Mekanisme *Oscillating Water Column*

Fideryan Axel Pratama<sup>1</sup>, Miftahul Ulum<sup>2\*</sup>, Ardi Noerpamoengkas<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Adhi Tama  
Surabaya Jl. Arief Rahman Hakim No 100 Sukolilo Surabaya 60117 Jawa Timur

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Qomaruddin

Jl. Raya Bungah No 1 Bungah Gresik 61152 Jawa Timur

\*[ulum@uqgresik.ac.id](mailto:ulum@uqgresik.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v16i3.19000>

### Abstrak

Kebutuhan energi listrik saat ini sangat tinggi, namun pembangkit listrik tenaga fosil sudah semakin menipis. Akibatnya, inovasi dalam sumber energi alternatif semakin meningkat, termasuk gelombang laut. Letak geografis Indonesia yang merupakan negara dengan beberapa pulau dan disertai dengan beberapa pantai, berpotensi untuk memunculkan inovasi energi alternatif terbarukan yaitu pembangkit listrik tenaga ombak. Di Indonesia, beberapa daerah telah menggunakan pembangkit listrik gelombang laut dengan OWC (*Oscillating Water Column*). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan secara uji eksperimental mekanisme piston pada pembangkit listrik tenaga gelombang air dengan menggabungkan jumlah piston dan turbin yang ditempatkan pada mekanisme OWC dalam 3 variasi yaitu 1 piston dengan 2 turbin, 1 piston dengan 1 turbin, dan 2 piston dengan 1 turbin. Eksperimen ini membandingkan efek kombinasi jumlah piston dan turbin pada torsi, putaran tegangan, daya mekanik, daya listrik, dan efisiensi ketiga kombinasi tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi dari 1 piston dan 1 turbin menghasilkan torsi tertinggi sebesar 4,73 Nm, sedangkan kombinasi 1 piston dan 2 turbin menghasilkan 0,76 Nm, dan 2 piston dan 1 turbin yang dihasilkan 4,47 Nm. Dari ketiga kombinasi tersebut, listrik tertinggi dan tenaga mekanik terjadi pada kombinasi 1 piston dan 1 turbin pada 8 watt dan 298.4 joule per detik, masing-masing dengan tegangan 0,89663 volt, a putaran 603 rpm, dan efisiensi 10%.

**Kata Kunci** : mekanisme piston, daya, listrik, turbin, gelombang air

### Abstract

*The need for electrical energy is very high, but fossil power plants are running low. Consequently, innovations in alternative energy sources are increasing, including sea waves. The geographical location of Indonesia, which is a country with several islands and is accompanied by several beaches, has the potential to bring up innovations in alternative renewable energy, namely wave power plants. In Indonesia, several regions have used sea wave power plants with the OWC (*Oscillating Water Column*) system. Therefore, this study conducted an experimental OWC test of a piston and turbine as combination mechanism in a water wave power plant by combining the number of pistons and turbines in 3 variations, i.e., 1 piston with 2 turbines, 1 piston with 1 turbine, and 2 pistons with 1 turbine. This experiment compared the effects of the combination of the number of pistons and turbines on the torque, voltage rotation, mechanical power, electrical power, and efficiency of the three combinations. The research results indicated that the combination of 1 piston and 1 turbine produced the highest torque of 4.73 Nm, while the combination of 1 piston and 2 turbines yielded 0.76 Nm, and 2 pistons and 1 turbine generated 4.47 Nm. Out of the three combinations, the highest electrical and mechanical power occurred in the combination of 1 piston and 1 turbine at 8 watts and 298.4 joules per second, respectively, with a voltage of 0.89663 volts, a rotation of 603 rpm, and an efficiency of 10%.*

**Key words** : piston mechanism, power, electrical, turbine, wave

## PENDAHULUAN

Pada saat ini penggunaan energi terbarukan haruslah direalisasikan karena tingkat penggunaan energi fosil semakin banyak dan mengakibatkan kebutuhan akan bahan baku sebagai sumber energi yang dikonversikan menjadi energi listrik dan lainnya sangat signifikan. Untuk itu perlu adanya inovasi

baru sebagai energi alternatif agar penggunaan energi fosil dapat tercukupi kedepannya (Ahsan, 2021). Kebutuhan energi terbarukan di Indonesia sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi akan menjadi era yang tidak dapat dipungkiri, di negara maju sudah banyak digunakan aplikasi pembangkit listrik dengan berbagai macam model (Alamian *et al.*, 2014; Batlle Martin *et al.*, 2023; Brusca *et al.*, 2015, 2017). *Oscillating Water Column* (OWC) adalah salah satu metode pemanen energi yang banyak digunakan baik di negara berkembang maupun negara maju (Budiarso *et al.*, 2019; Gadelho & Guedes Soares, 2022; Nasir *et al.*, 2014). Sedangkan diindonesia masih belum banyak

### Article History:

**Received:** September, 29<sup>th</sup> 2023; **Accepted:** Nov, 14<sup>th</sup> 2023

### Cite this as :

Ulum, M., Pratama, F.A., Noerpamungkas, A. 2023. Pengaruh Kombinasi Jumlah Piston dan Turbin terhadap Performa Pembangkit Listrik Tenaga Mekanisme *Oscillating Water Column*. *Rekayasa*. 16(3). 359-364

studi yang membahas tentang OWC sebagai pemanfaatan energi alternatif, sebagai contoh saat ini penelitian energi terbarukan yang ada yaitu dengan pemanfaatan gelombang air laut dsb (Noerpamoengkas & Ulum, 2015; Rosati *et al.*, 2022; Susastro *et al.*, 2020).

Pembangkit listrik tenaga air atau biasa dikenal dengan sebutan PLTA adalah salah satu sistem pembangkit yang mudah dan murah dalam segi biaya dan lainnya, jika dibandingkan dengan pembangkit tenaga uap, hal ini tentunya dapat dipahami karena air adalah salah satu sumber daya alam yang selalu ada dan dapat di manfaatkan sebagai tenaga pembangkit, penelitian yang akan dibahas disini mempunyai prinsip memanfaatkan tekanan gelombang air laut di garis pantai atau dikenal di luar negeri dengan *oscillating water column* (OWC) sudah banyak digunakan sebagai salah satu sumber energi pembangkit di negara maju.

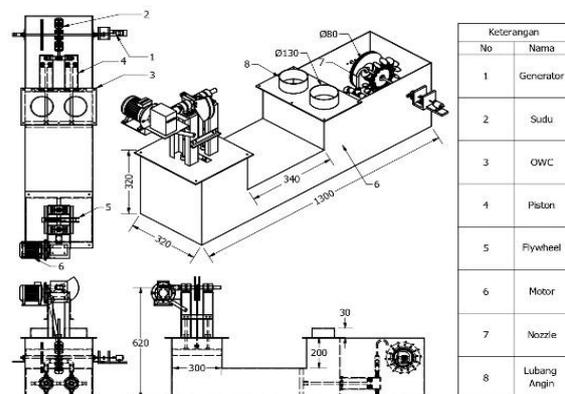
Penelitian ini dilakukan dengan cara menggabungkan metode pemanen energi terbarukan model OWC yang menggunakan turbin angin sebagai luaran (Susastro *et al.*, 2020), dengan memanfaatkan sumber tekanan air yang terjadi pada ruang osilasi sebagai sumber energi tekanan angin dengan memanfaatkan energi potensial gelombang dalam air dengan memasang mekanisme konversi energi potensial ke mekanis yang akan diaplikasikan pada piston hidrolik sebagai penghasil daya kinetik menuju turbin pelton. Turbin pelton sudah banyak digunakan sebagai pemanfaatan energi alternatif baik pada skala pico maupun micro hidro (Pamungkas *et al.*, n.d.; Rosati *et al.*, 2022; Ulum *et al.*, 2018; Ulum *et al.*, 2021).

Kelebihan dari model mekanisme pemanen energi pada penelitian ini adalah dapat diaplikasikan kombinasi dengan OWC yaitu pemanfaatan gelombang osilasi sebagai pembangkit tenaga pada turbin angin dan tekanan gelombang datang sebagai pembangkit energi pada generator linier pada pelampung (Zhang *et al.*, 2022). Sedangkan pada penelitian ini akan dibuat model gabungan turbin angin dan turbin air (pelton). Turbin air atau pelton yang digunakan dengan perbandingan piston yang digunakan sebagai sumber tenaga penggerak air pada turbin. Kekurangan model ini yaitu memiliki jeda tekanan hidrodinamik pada piston sebagai pompa nozel yang mengakibatkan putaran pada turbin tidak kontinyu. Hal ini dipengaruhi oleh gelombang air yang datang menuju kolom osilasi membentuk

gelombang sinusoidal dimana hal itu dapat mempengaruhi frekuensi piston yang digunakan sebagai sumber tekanan turbin air. Berbeda dengan turbin air menggunakan saluran air dalam pipa sebagai penggeraknya (Ulum *et al.*, 2022). Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan rasio penggunaan piston dan turbin air pada model mekanisme ini yang paling optimal. Hal itu dapat meningkatkan daya generator yang dihasilkan oleh model mekanisme ini.

## METODE PENELITIAN

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dengan mekanisme piston menggunakan turbin pelton yang dirancang secara prototype pada skala laboratorium. Alat uji ini digunakan sebagai proses pengambilan data dan uji coba kombinasi antara model OWC dan mekanisme turbin pelton. Namun pada penelitian ini akan berfokus pada satu turbin saja yaitu turbin air. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu dengan mengambil data voltase, arus dan putaran serta tekanan yang terjadi pada mekanisme alat. Pertama yang perlu disiapkan adalah gelombang tekanan air dengan frekuensi yang sudah di tentukan yaitu 1,5 Hz, lalu tekanan air akan menggerakkan piston air dan memompakan air ke dalam ruang turbin pelton dan generator yang diberikan beban akan menghasilkan luaran daya watt pada lampu led. Untuk mengetahui besar daya yang dihasilkan pada perbandingan variasi yang digunakan, maka penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa kombinasi jumlah turbin dan piston yaitu satu piston dengan satu turbin, dua piston dengan satu turbin dan satu piston dua turbin. Hal ini agar mendapatkan harga tertinggi pada mekanisme yang digunakan agar dapat dimaksimalkan dan dikembangkan lebih baik. Adapun model prototype yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Model Alat Simulator PLTA Mekanisme Piston pada Model OWC

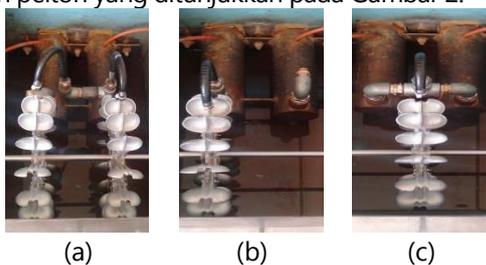
Dari Gambar 1 ditunjukkan bagian-bagian dari prototype yang digunakan pada percobaan, dimana alur dari proses konversi energi mekanis ke listrik adalah dari piston yang bergerak secara translasi diakibatkan oleh tekanan air naik turun, hal ini menggunakan model mekanisme motor dan engkol sebagai penekan air dikhususkan sebagai simulasi datangnya air laut yang menabrak bagian kolom air pada sistem pemanen energi model OWC. Piston yang mendapatkan gaya tarik oleh pegas akan menghisap air dari luar atau ruang tampung menuju ruang piston dan mendorongnya dengan memanfaatkan tekanan air dari dalam ruang osilasi lalu keluar dari nozel menuju turbin pelton dengan poros yang di kopel pada generator, sehingga generator akan berputar dan menghasilkan energi listrik. Dengan torsi yang didapatkan menggunakan persamaan berikut :

$$T = \omega \times r \dots \dots \dots (1)$$

Dimana putaran yang dihasilkan oleh turbin adalah :

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \dots \dots \dots (2)$$

Adapun variasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu melakukan perbedaan kombinasi antara piston dengan turbin pelton yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Variasi Kombinasi (a) dua piston dan dua turbin pelton, (b) satu piston dan satu turbin pelton, (c) dua piston dan satu turbin pelton

Dari tiga kombinasi diatas diharapkan dapat mengetahui mana yang lebih baik pada mekanisme model pembangkit tersebut dalam mendapatkan energi bangkitan yang lebih besar. Adapun arus dan daya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$I = \frac{V}{R} \dots \dots \dots (3)$$

$$P = v \times i \dots \dots \dots (4)$$

Tabel 1. Parameter yang digunakan dan satuan

Simbol	Keterangan	Satuan
<i>W</i>	Kerja Piston	Joule
<i>F</i>	Gaya Piston	N
<i>s</i>	Jarak TMA-TMB Piston	m
<i>P<sub>m</sub></i>	Daya Mekanis Piston	J/s
<i>t</i>	Waktu pindah piston	detik
<i>V</i>	Tegangan	volt

Simbol	Keterangan	Satuan
<i>I</i>	Arus	ampere
<i>P</i>	Daya Listrik Generator	watt
<i>T</i>	Torsi	Nm
$\omega$	Kecepatan sudut	rad/s
<i>N</i>	Putaran poros	rpm
<i>r</i>	Diameter turbin	m
<i>P<sub>t</sub></i>	Daya turbin	J/s

Sedangkan untuk mendapatkan kerja dan daya piston dapat menggunakan persamaan berikut :

$$W = F \times s \dots \dots \dots (3)$$

$$P_m = \frac{W}{t} \dots \dots \dots (4)$$

Dalam menentukan efisiensi kerja sistem suatu alat atau prototipe perlu dilakukan agar mendapatkan hasil yang semaksimal mungkin sebagai pengembangan mekanisme dan alat. Untuk menghitung efisiensi sistem dapat menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\eta = \frac{P_{gen}}{P_{piston}} \times 100\% \dots \dots \dots (5)$$

$$P_t = T \times \omega \dots \dots \dots (6)$$

Mekanisme pengambilan data yang digunakan adalah dari kolam osilasi pada ruang tekanan yang digerakkan oleh motor listrik untuk menghasilkan tekanan air akan menghasilkan osilasi udara yang dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin angin dimana sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya (Susastro *et al*, 2020). Sedangkan pada penelitian ini menambahkan mekanisme piston yang digunakan sebagai sumber tekanan air pada turbin pelton dengan memvariasikan penggunaan piston dan turbin pelton, masing-masing variasi ditunjukkan pada Gambar 2. Eksperimen yang dilakukan dengan cara secara bergantian mengaplikasikan dari ketiga variasi dan merekam data yang ada menggunakan alat ukur. Adapun alat ukur yang digunakan yaitu *oscilloscope* sebagai pengukur voltase serta tachometer sebagai pengukur kecepatan putar poros. Diharapkan pada penelitian ini dapat membantu meningkatkan hasil energi bangkitan yang didapatkan dari model prototipe yang dikembangkan yaitu menggabungkan 2 alat kerja sistem OWC dan PLTA.

**HASIL PEMBAHASAN**

Dari percobaan yang telah dilakukan dengan media prototipe PLTG sebagai penghasil tekanan air water column, mendapatkan torsi yang dihasilkan dari variasi

kombinasi turbin dan piston yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Torsi yang dihasilkan dari Masing-masing Perbandingan Turbin-Piston

Kombinasi	Torsi (N/m)
Satu piston dua turbin	0,76
Satu piston satu turbin	4,73
Dua piston satu turbin	4,47

Dimana torsi yang dihasilkan oleh perbandingan piston dan turbin paling besar didapat oleh satu turbin dan satu piston, sedangkan nilai torsi terendah didapat pada perbandingan satu piston dua turbin. Pada nilai dua piston satu turbin masih sedikit mendekati nilai terbesar hal ini dipengaruhi oleh gaya dorong pada piston dimana pembagian piston menjadi paralel menyebabkan sedikit berkurangnya tekanan air. Sedangkan pada putaran turbin yang dihasilkan menggunakan variasi perbandingan piston dan turbin didapatkan data sebagai berikut.



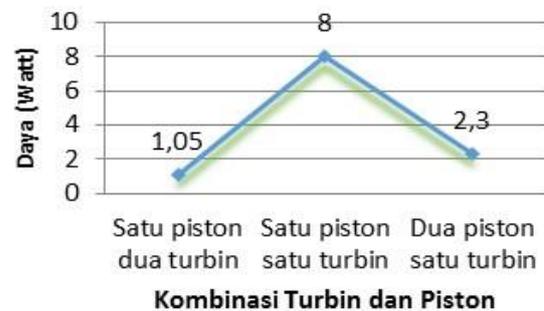
Gambar 3. Hasil Putaran Turbin pada Perbandingan Variasi Piston dan Turbin

Dari hasil pengukuran putaran yang didapatkan ialah, pada penggunaan satu turbin dan satu piston nozzle putaran yang dihasilkan mencapai 600 rpm. Sedangkan pada penggunaan dua piston satu turbin sedikit dibawahnya yaitu 566 rpm, dan yang paling rendah pada penggunaan satu turbin dua piston yaitu 197 rpm. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh tekanan air pada piston berbeda beda dan tekanan air pada nozzle ke turbin juga berbeda. Pada penggunaan 2 piston 1 turbin nilai tekanan yang diberikan oleh piston tidak terlalu besar dikarenakan pembagian tekanan air kolom. Sedangkan pada satu piston 2 turbin tekanan yang diberika oleh nozzle terbagi menjadi 2 arah, oleh karena itu turbin hanya mendapat sedikit tekanan oleh piston. Pada pengukuran tegangan dalam *root mean square* (RMS) didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Hasil Tegangan RMS Generator DC

Hasil data tegangan RMS diatas didapatkan nilai tegangan terbesar ada pada perbandingan 1 piston dan 1 turbin yang digunakan, sedangkan perbandingan lainnya masih dibawahnya, hal ini tentunya dipengaruhi oleh putaran yang dihasilkan oleh turbin dan generator, dimana voltase dipengaruhi oleh putaran generator yang lebih tinggi dan konstan.



Gambar 5. Daya Listrik yang Dihasilkan

Tabel 3. Efisiensi Sistem Pembangkit Listrik Mekanisme Piston Menggunakan Turbin Pelton Pada Sistem OWC

Kombinasi	Efisiensi Sistem (%)
Satu piston dua turbin	4
Satu piston satu turbin	10
Dua piston satu turbin	4,9

Pada gambar diatas adalah hasil dari daya listrik yang dihasilkan oleh generator, dimana daya tertinggi terjadi pada perbandingan 1 piston dan 1 turbin yaitu sebesar 8 watt, sedangkan hasil berikutnya pada variasi dua piston 1 turbin dengan 2,3 watt dan yang terendah pada perbandingan satu piston 2 turbin sebesar 1,05 watt, tentunya hal ini sangat dipengaruhi oleh voltase yang dihasilkan dan juga arus yang terjadi, pada hasil daya diatas memiliki parameter hambatan yang sama yaitu 100 Ohm. Pada Tabel 3 diatas adalah hasil efisiensi dari sistem pembangkit listrik tenaga mekanisme piston menggunakan turbin pelton, dimana hasil efisiensi terbesar didapat pada kombinasi 1 piston dan 1 turbin yaitu sebesar 10 %, sedangkan pada penggunaan kombinasi 2 lainnya

masi dibawahnya, hal ini tentunya dipengaruhi oleh daya generator dan daya mekanisme piston sebagai *input* daya sebagaimana persamaan berikut :

Tabel 4. Daya Mekanis Turbin dan Mekanis Piston

Kombinasi	$P_m$ (J/s)	$P_t$ (J/s)
1 Piston 2 Turbin	79	7.75
1 Piston 1 Turbin	79	298.4
2 Piston 1 Turbin	47	264.6

Dari Tabel 4 didapat hasil dimana pada daya piston yang dihasilkan oleh kombinasi 1 piston memiliki nilai yang sama karena tekanan yang dihasilkan hanya ditransmisikan ke penggunaan 1 piston, sedangkan pada 2 piston memiliki nilai lebih rendah, hal ini dipengaruhi oleh terbaginya tekanan air yang di transmisikan ke piston. Sedangkan pada hasil daya turbin kombinasi 1 turbin 2 piston memiliki nilai yang rendah dikarenakan tekanan nozzle yang dihasilkan oleh piston terbagi menjadi 2 arah ke turbin yang memberikan efek putaran turbin yang rendah karena pengaruh debit air yang di semburkan oleh nozzle.

Pada kombinasi 1 piston 1 turbin memiliki hasil yang cukup tinggi yaitu 298.4 J/s sedangkan 2 piston 1 turbin sedikit dibawahnya, debit air yang dihasilkan oleh 2 piston cukup tinggi namun daya tekan yang dihasilkan tidaklah lebih tinggi dibandingkan menggunakan 1 piston, hal ini dapat dipastikan bahwa pada prototipe ini lebih baik menggunakan satu turbin dan satu piston dengan pertimbangan luas penampang sebagai pedoman adalah Panjang kolom air 1 meter dengan lebar 0,32 meter per piston dan turbin. Dengan perbandingan pada penelitian menggunakan sistem owc yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil dari daya yang dihasilkan oleh turbin air lebih baik dibandingkan dengan turbin angin, namun jika keduanya dikopel karna dalam satu mekanisme alat akan menghasilkan daya yang lebih baik. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Zhang et al., 2022) dengan menggunakan skala prototype dan aplikasi gelombang laut sebenarnya sebesar 1 : 50 maka penelitian ini dapat menghasilkan daya bangkitan sebesar 400 Watt dengan menggunakan variasi terbaik yaitu 1 piston 1 turbin.

## KESIMPULAN

Pada hasil eksperimen ini dapat disimpulkan bahwa, dengan menggunakan kombinasi turbin dan piston sebagai mekanisme pembangkit listrik daya mekanis

sangat berpengaruh terhadap energi yang dikonversikan, hasil terbesar dihasilkan dengan kombinasi 1 piston 1 turbin yaitu dengan daya listrik 8 watt dan daya turbin 298.4 J/s pada torsi 4.73 Nm. Sedangkan hasil terendah pada penggunaan kombinasi 1 piston 2 turbin dengan luaran 1.05 watt dengan daya turbin 7.75 J/s dengan torsi 0.76 Nm. Pada penggunaan kombinasi 2 piston 1 turbin cukup baik dengan energi bangkitan 2.3 watt, 264.6 J/s pada turbin dan torsi 4.47 Nm. Untuk hasil daya listrik memiliki jarak yang cukup jauh dikarenakan pada putaran turbin tekanan dan waktu gerak piston sangat mempengaruhi delay pada putaran turbin dan generator. Jika menggunakan skala sebesar 1 : 50 maka daya yang dihasilkan mencapai 400 Watt pada variasi terbaik untuk 1 piston dan 1 turbin perlon.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahsan, M. (2021). Tantangan dan Peluang Pembangunan Proyek Pembangkit Listrik Energi Baru Terbarukan (EBT) di Indonesia. *Sutet*, 11(2), 81–93.  
<https://doi.org/10.33322/sutet.v11i2.1575>
- Alamian, R., Shafaghat, R., Miri, S. J., Yazdanshenas, N., & Shakeri, M. (2014). Evaluation of technologies for harvesting wave energy in Caspian Sea. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 468–476.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.036>
- Battle Martin, M., Pinon, G., Barajas, G., Lara, J. L., & Reveillon, J. (2023). Computations of pressure loads on an oscillating water column with experimental comparison for random waves. *Coastal Engineering*, 179.  
<https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2022.104228>
- Brusca, S., Cucinotta, F., Galvagno, A., Lanzafame, R., Mauro, S., & Messina, M. (2015). Oscillating Water Column Wave Energy Converter by means of straight-bladed Darrieus turbine. *Energy Procedia*, 82, 766–773.  
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.809>
- Brusca, S., Galvagno, A., Lanzafame, R., Cugno Garrano, A. M., Mauro, S., & Messina, M. (2017). On the turbine-induced damping in Oscillating Water Column wave energy converter. *Energy Procedia*, 126, 581–588.  
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.08.215>
- Budiarso, Warjito, Naufal Lubis, M., & Adanta, D.

- (2019). Performance of a low cost spoon-based turgo turbine for pico hydro installation. *Energy Procedia*, 156, 447–451. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.087>
- Gadelho, J. F. M., & Guedes Soares, C. (2022). CFD study of a Dual Chamber Floating Oscillating Water Column device. *Ocean Engineering*, 261. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.111817>
- Nasir, B. A. (2014). Design considerations of micro-hydro-electric power plant. *Energy Procedia*, 50, 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.003>
- Noerpamoengkas, A., & Ulum, M. (2015). Pemodelan Pengaruh Frekuensi Dan Amplitudo Eksitasi Terhadap Respon Gerak Dan Daya Mekanis Pendulum Vertikal Pada Konverter Energi Gelombang Laut. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan III*, 201–210.
- Pamungkas, Y., Ulum, M., Noerpamoengkas, A., Mesin, J. T., Industri, T., Adhi, T., & Surabaya, T. (n.d.). *Study Eksperimental Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Metode Mekanis Apung Menggunakan Sistem Transmisi Sproket dan Variasi Panjang Lengan*.
- Rosati, M., C. Henriques, J. C., & Ringwood, J. V. (2022). Oscillating-water-column wave energy converters: A critical review of numerical modelling and control. *Energy Conversion and Management*: X, 100322. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100322>
- Susastro, S., Noerpamoengkas, A., Ulum, M., & Setyono, G. (2020). Performance Analysis of Wind Power Generation Models Using Oscillating Water Column. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, 4(2), 57. <https://doi.org/10.30595/jrst.v4i2.6020>
- Ulum, M., Akbar, M. A., Arif, M., & ... (2022). Perbandingan Aplikasi Rotor Tunggal dan Ganda terhadap Performa Turbin Air Tipe Propeller pada Saluran air Debit Rendah. *Prosiding SENASTITAN* ..., 429–435. <http://ejurnal.itats.ac.id/senastitan/article/view/2765%0Ahttp://ejurnal.itats.ac.id/senastitan/article/download/2765/2177>
- Ulum, Miftahul. (2018). Studi Experimental Energi Bangkitan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Model Pelampung. *IPTEK*, 22, 29 – 36. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.31284%0b/j.iptek.2018.v22i1.231>
- Ulum, Miftahul, Noerpamoengkas, A., Arifin, A. A., & Firmansyah, H. D. (2021). Studi Eksperimental Pengaruh Kecepatan Engkol dan Variasi Diameter Disk terhadap Amplitudo, Frekuensi dan Daya pada Mekanisme Pembangkit Gelombang. *Journal of Mechanical Engineering, Science, and Innovation*, 1(1). <https://doi.org/10.31284/J.JMESI.2021.V1I1.1761>
- Zhang, D., Chen, Z., Liu, X., Sun, J., Yu, H., Zeng, W., Ying, Y., Sun, Y., Cui, L., Yang, S., Qian, P., & Si, Y. (2022). A coupled numerical framework for hybrid floating offshore wind turbine and oscillating water column wave energy converters. *Energy Conversion and Management*, 267. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115933>